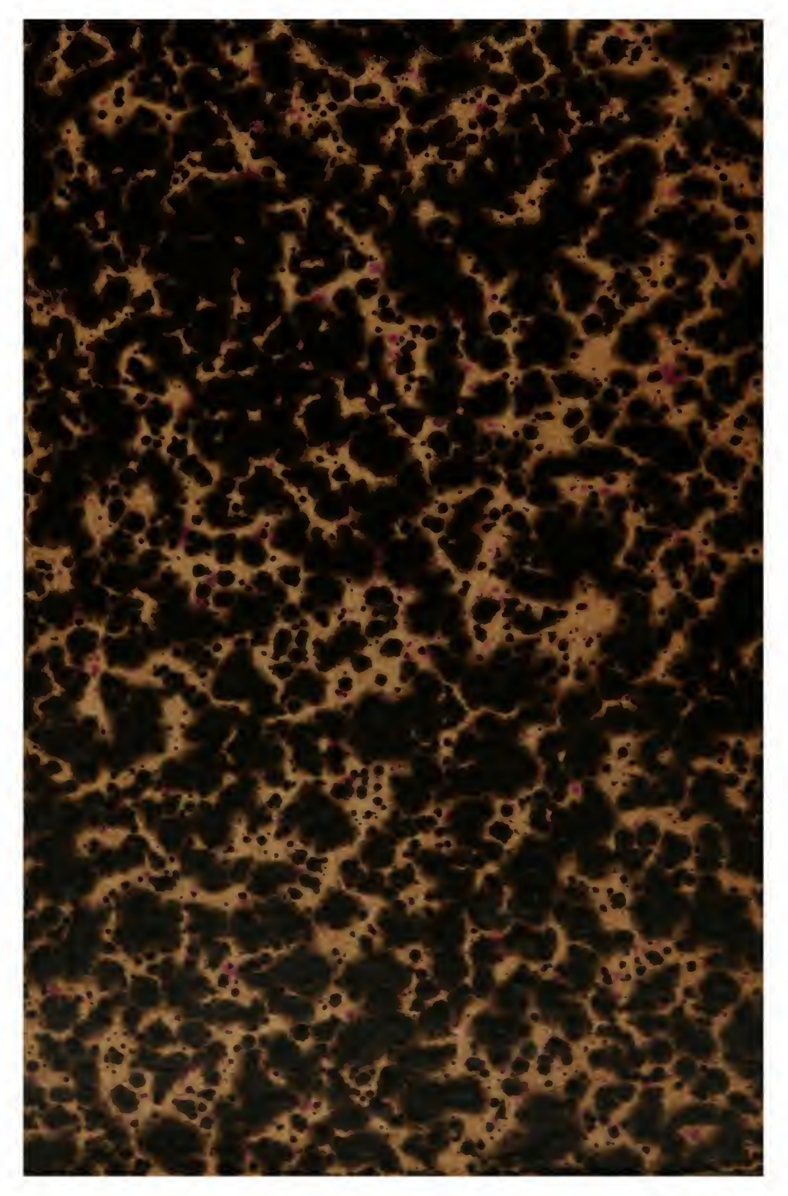


Emsmann



Die Sonne brennt

und

die Sonne ist nicht soweit von der Erde entfernt, als man geglaubt hat.

Zwei Resultate

der neuesten naturwissenschaftlichen Forschung

in populärer Darstellung

von

Dr. H. Emsmann,
Professor.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1865.

Die Sonne brennt

und

die Sonne ist nicht soweit von der Erde entfernt, als man geglaubt hat.

Zwei Resultate der

neuesten naturwissenschaftlichen Forschung

in populärer Darstellung

von

Dr. H. Emsmann,
Professor.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1865.



Die Sonne, der Centralkörper unseres Planetensystems, die Quelle des Lichtes und der Wärme für unsere Erde und dadurch die Lebensspenderin, ist in diesem Jahrhunderte in mannigfachen Beziehungen Gegenstand der sorgfältigsten Forschungen gewesen, und es sind namentlich in den letzten Jahren Resultate gewonnen worden, welche die kühnsten Erwartungen übertroffen haben. Zunächst allerdings ist der Gewinn ein rein wissenschaftlicher; aber die Zeiten sind vorüber, wo die Errungenschaften auf wissenschaftlichem, namentlich auf naturwissenschaftlichem Gebiete nur Privatgut eines kleinen Kreises von Wissenden blieben. Die Naturwissenschaften haben durch den Einfluß, den sie auf die verschiedensten Lebenssphären ausgeübt haben, ein allgemeines Interesse zu erwecken gewußt und es genügt jetzt den Meisten nicht mehr blos zu vernehmen, worin eine neue Errungenschaft besteht, sondern sie möchten auch die Wege, welche zum Ziele geführt haben, kennen lernen. Wenn jetzt als thatsächlich erwiesen ausgesprochen wird, daß die Sonne ein brennender Körper mit weißglühendem Kerne sei, und nicht, wie bisher gelehrt wurde, ein an sich dunkler Körper, umgeben von mehreren Hüllen, von denen die eine leuchte; möchte man da nicht auch gern wissen, worauf sich diese neue Lehre gründe? Wenn jetzt als thatsächlich erwiesen ausgesprochen wird, daß die Sonne nicht soweit von

1*

der Erde entfernt sei, als man bis dahin gelehrt hatte; regt sich da nicht die Frage unwillkürlich, wie es denn gekommen sei, daß man dies nun auf einmal genauer als früher wisse?

In der Voraussetzung, daß die Antworten auf diese Fragen wirklich einem größeren Kreise nicht unwillkommen sein werden, habe ich es unternommen, dieselben mit möglichster Einfachheit darzulegen.

---

1. Die Sonne brennt.

„Die Sonne brennt!“ — Ist denn dies etwas Neues? — Nein und Ja. —

Die erste Vorstellung, welche sich die Menschen von dem Wesen der Sonne machen und gemacht haben, ist die eines brennenden Körpers; denn auf der Erde finden wir eine Vereinigung von Licht und Wärme nur im Verbrennungsprocesse, wenn auch nicht in dem Maße, wie diese beiden Agentien der Sonne entstrahlen. Bei den Feueranbetern ist diese Ansicht am entschiedensten vertreten.

Indessen schon im Alterthume finden sich andere Auffassungen. Pythagoras (vergl. Gruppe, die kosmischen Systeme der Griechen) lehrte, die Erde sei eine freischwebende Kugel mit fortschreitender planetarischer Bewegung. Im Mittelpunkte der Bewegung stehe ein Centralfeuer und um dieses bewege sich die Erde, derselben stets dieselbe Kugelhälfte zukehrend, also in gleicher Weise, wie der Mond seinen Lauf um die Erde macht. Die dem



Pythagoras nur bekannte Erdhälfte sollte die dem Centralfeuer abgewendete Hälfte der Erde sein, so daß dasselbe nicht erblickt werden konnte. Die Erde habe einen Umlauf von 24 Stunden, die Sonne einen solchen von einem Jahre, und diese theile der von dem Centralfeuer abgewendeten Hälfte der Erde Licht und Wärme mit, welches sie selbst erst von dem Centralfeuer erhalten habe.

Einen genaueren Anhalt in Bezug auf das Wesen der Sonne erhielt man erst, nachdem das Copernicanische System Eingang gefunden hatte, durch die Beobachtung mittelst des im Anfange des 17. Jahrhunderts erfundenen Fernrohres.

Betrachtet man die Sonnenscheibe durch ein Fernrohr, indem man entweder direct, während das Auge durch ein vorgeschobenes gefärbtes Glas geschützt wird, nach derselben sieht, oder indem man in einem dunklen Raume das durch ein Fernrohr erzeugte Sonnenbild auf einer weißen ebenen Fläche auffängt, so bemerkt man häufig auf der Oberfläche der Sonne bald größere, bald kleinere, meist sehr unregelmäßige, dunkelschwarze, häufig mit einem aschfarbenen Rande umgebene Flecken. Es erregten diese, zuerst von dem Ostfriesen Johann Fabricius 1611 und nicht — wie gewöhnlich angenommen wird — von dem Jesuiten Christoph Scheiner, der zu Ingolstadt Professor der Mathematik war, bemerkten Sonnenflecken von Anfang an das größte Interesse und bis auf die neueste Zeit hat das Studium derselben emsige Vertreter gefunden, von denen der Hofrath Heinrich Schwabe in Dessau, Professor Dr. Spörer in Anclam und der Engländer Carrington zur Zeit die thätigsten sind.

Von den Ergebnissen der Beobachtung sei hier nur erwähnt,

daß die Flecken nicht gleichmäßig über die ganze Sonnenscheibe vertheilt sind, sondern daß sie vorzugsweise in einer Zone auftreten, welche zu beiden Seiten des Sonnenäquators, den man übrigens nur aus diesen Flecken kennen gelernt hat, bis zu 35 Grad geht. Einzelne Flecken sind zu Zeiten allerdings auch in größerem Abstande bemerkt worden. Zweitens sei hervorgehoben, daß aus den Ortsveränderungen der Sonnenflecken und namentlich aus der Wiederkehr mancher derselben, die vom östlichen Rande der Sonne aus über die Scheibe nach dem Westrande fortrückten und nach einem Verschwinden von etwa 13 Tagen wieder am Ostrande sichtbar wurden, eine Umdrehung der Sonne um eine Axe sich als nothwendige Folgerung ergeben hat. Die Rotationsperiode beträgt 25 bis 26 Tage. Als drittes Resultat hat sich, namentlich durch Schwabe's Verdienst, eine gewisse Regelmäßigkeit in der Anzahl der Sonnenflecken herausgestellt. Es zeigt sich eine Reihe von Jahren hindurch eine Zunahme der Fleckenzahl und darauf wieder eine Abnahme. Es umfaßt diese Periode eine Zeit von 10 bis 11 Jahren — allerdings mit Schwankungen von 8 bis 12 Jahren, — denn die Jahre 1828, 1837, 1848, 1860 zeigten die größte Menge und 1833, 1843, 1854 die geringste. Merkwürdig ist diese Periodicität übrigens auch deshalb geworden, weil sie mit einer gleichen in den Aeußerungen des Erdmagnetismus zusammentrifft. Endlich müssen wir noch erwähnen, daß Spörer entschieden das Vorhandensein von Stürmen auf der Sonne erwiesen hat und zwar für die Nähe des Aequators in westlicher und für die entfernteren Breiten in östlicher Richtung. Zwischen 6 Grad nördlicher und 6 Grad südlicher Breite scheint nur Westwind auf der Sonne zu herrschen;



zwischen 6 bis 10 Grad der Breite finden sich auf beiden Halbkugeln Ost- und Westwinde, und über 10 Grad hinaus wurde nur Ostwind bemerkt.

Es fragt sich nun, woraus die Sonnenflecken bestehen. Von ihnen werden wir den meisten Aufschluß über das Wesen der Sonne zu erwarten haben; denn die Lichtadern und Sonnenfackeln, die man außerdem noch wahrgenommen hat, scheinen eine untergeordnete Rolle zu spielen. Indessen darf auch eine kurze Charakteristik dieser Erscheinungen hier nicht fehlen.

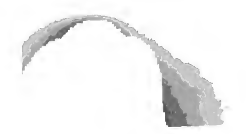
Unter Lichtadern versteht man nach allen Richtungen gehende, leuchtende Furchen, welche die Sonne beständig in unzählbarer Menge überziehen. Herschel verglich deshalb das Aussehen der Sonnenoberfläche mit der einer Orangenschaale.

Sonnenfackeln sind unabhängig von den Sonnenflecken mitunter auftretende Stellen, welche sich durch ihr intensives Licht vor den übrigen Theilen der Sonnenscheibe auszeichnen, sich übrigens in ihrer Bewegung über die Sonne hinweg wie die Sonnenflecken verhalten.

Da die Sonnenflecken dem Sonnenkörper selbst angehören, so glaubte man anfangs, daß sie undurchsichtige Auswürfe von Sonnenvulkanen sein möchten. Andere meinten, daß das die Sonne bedeckende Lichtmeer einer Art von Ebbe und Fluth unterworfen sei, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, Theile des Sonnenmeeresbodens, oder sonst bedeckte Berge, blosgelegt würden. Der französische Astronom Cassini namentlich erklärte die schwarzen Kerne der Sonnenflecken als Berggipfel des dunklen Sonnenkörpers, welche bei gewaltsamen Bewegungen der Son-

nenlichthülle hindurch blickten. Der glasgower Astronom Alex. Wilson machte 1769 darauf aufmerksam, daß Flecken, welche in der Mitte der Sonnenscheibe ziemlich rund erscheinen, in der Nähe der Ränder gewöhnlich in Form von Streifen auftreten, welche zwar in der Länge mit dem Durchmesser des Fleckens übereinstimmen, aber in der Breite viel schmaler sind, und daß der die dunkle Mitte des Fleckens umgebende aschfarbene Rand auf der gegen die Mitte der Sonnenscheibe zugewendeten Seite im Vergleich mit der entgegengesetzten Seite allmälig schmaler und schmaler werde. Hieraus folgerte Wilson, daß die Sonnenflecken trichterförmige Vertiefungen sein müßten, deren tiefste Stelle den dunklen Kern und deren schräge Seitenwände die mehr aschfarbene Umgebung (den Hof) bildeten. Der Berliner Astronom Bode nahm an, daß zwischen der Lichthülle und dem dunklen Sonnenkörper noch eine wolkige Dunstschicht sich befinde und äußerte sich über die Flecken in folgender Weise:

Entsteht in weniger häufigen Fällen in der Lichthülle (Photosphäre) allein eine Oeffnung und nicht zugleich in der trüberen unteren, von der Photosphäre sparsam erleuchteten Dunstschicht; so reflectirt diese ein sehr mäßiges Licht gegen die Erdbewohner und es entsteht eine graue Penumbra (Halbschatten), ein bloßer Hof ohne Kern. Erstreckt sich aber die Oeffnung durch beide Schichten (durch die Licht- und Wolkenhülle) zugleich, so erscheint in der aschfarbenen Penumbra ein Kernflecken, welcher mehr oder weniger Schwärze zeigt, je nachdem die Oeffnung in der Oberfläche des Sonnenkörpers sandiges oder felsiges Erdreich oder Meere trifft. Der Hof, welcher den Kern umgiebt, ist ein Theil der äußeren Oberfläche der Dunstschicht.



Nach Bode's Vorgange ging der berühmte William Herschel noch einen Schritt weiter und setzte zwischen die Dunsthülle und den dunklen Sonnenkörper noch eine helle Luftatmosphäre, in welcher die dunklen oder wenigstens nur durch Reflex schwach erleuchteten Wolken etwa 70 bis 80 geogr. Meilen hoch schweben sollten.

Diese Herschel'sche Ansicht hatte bis auf die neueste Zeit sich Anerkennung zu verschaffen gewußt; aber durch die allerneuesten Forschungen gebührt auch ihr nur noch ein historisches Interesse. Oeffnungen in beiden Sonnenhüllen, welche in derselben Richtung von der Sonne nach der Erde hin lägen, sollten einen schwarzen Flecken ohne Halbschatten bilden, sobald die Oeffnung in der äußeren Hülle (Photosphäre) kleiner sei, als die in der dahinterliegenden, den Wolken ähnlichen Schicht, weil man dann einen Theil des an sich dunklen Sonnenkernes erblicke. Wäre die Oeffnung der Photosphäre größer als die in der wolkigen Schicht, so erscheine ein vom Halbschatten umgebener dunkler Fleck, indem das Auge nicht allein den inneren Kern der Sonne, sondern auch um diesen einen Theil der nicht selbstleuchtenden Wolkenschicht wahrnehme. Eine Oeffnung nur in der Photosphäre würde nur den Blick auf die Wolkenschicht ermöglichen und daher nur einen Flecken ohne schwarzen Kern, allein aus Halbschatten bestehend, zur Folge haben.

Ehe wir zu den neuesten Ansichten übergehen, möge die Ansicht des französischen Naturforschers Arago über die Lichtadern und Sonnenfackeln noch eine kurze Erwähnung finden.

Arago führte die Lichtadern darauf zurück, daß in einem Fernrohre das Bild eines Sternes oder überhaupt eines

sehr kleinen leuchtenden Punktes mit einer zahlreichen Reihe von Ringen umgeben scheint, und nimmt an, daß die den Lichtadern zu Grunde liegenden Stellen ebenfalls Ringbilder geben. Lagern sich diese Ringe, sagt er, bei ihrer Verschmelzung übereinander, so wird ein gleichförmiger Glanz auch an den Stellen entstehen, wo außerdem abgesonderte Lichtpunkte bemerkbar sein würden. — Bei der Erklärung der Sonnenfackeln ging er davon aus, daß auf der Oberfläche der Sonne Bewegungen eintreten ähnlich denen, welche unsere Erdatmosphäre bei der Bildung der Wolken zeigt, welche wir Schäfchen nennen, und da nun die Fläche einer leuchtenden Gasmasse von umgrenzter Ausdehnung heller strahlt, wenn man sie unter einem schiefen Winkel sieht, als bei senkrechter Ansicht, so müßten diejenigen Stellen, welche von dem Beobachter senkrecht gesehen werden, vergleichsweise schwächer glänzend erscheinen, als die gegen die Gesichtslinie geneigten. Hierbei war namentlich die Thatsache maßgebend, daß die am östlichen Rande der Sonne auftretenden Fackeln gewöhnlich verschwinden, wenn sie bis zur Mitte fortgeschritten sind.

Bis in die neueste Zeit war also die Ansicht geltend, die Sonne sei kein brennender Körper, sondern ein dunkler, vielleicht auch bewohnter, Kern sei von einer Lichthülle umgeben und zwischen beiden befinde sich eine wolkenartige Schicht in einer besonderen, den Kern einschließenden, durchsichtigen Atmosphäre. Woher die Lichthülle ihr Licht habe, blieb räthselhaft.

Soviel steht jetzt, namentlich nach Spörer's Ergebnissen, fest, daß keine Ansicht über das Wesen der Sonne für richtig gelten kann, welche die Sonnenflecken von bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche abhängig macht. Es fällt also die Annahme

von Vulkanen und ebenso Cassini's Ansicht von Berggipfeln, welche durch die Lichthülle hindurchblicken sollten. In Betreff der von Bode und Herschel aufgestellten Ansicht, ist zu bedenken, daß man das Zerreißen der Photosphäre mit den Ortsveränderungen der Flecken und der häufigen, namentlich bei vereinzelt auftretenden Flecken bemerkten großen Beständigkeit ihrer Gestalt schwerlich in Einklang bringen dürfte. Spörer sagt: „Wir können uns wohl vorstellen, daß Flecken als Wolken, von Stürmen getrieben, längere Zeit hindurch ihre Gestalt behalten, zumal auf der Sonne eine 28mal größere Schwerkraft die Beständigkeit begünstigt und die Geschwindigkeit der Stürme (wie Spörer's Rechnungen erweisen) nicht in demselben Verhältnisse größer ist, als bei uns; wir würden aber, die Flecken als Theile des dunklen Sonnenkörpers betrachtet, das jedenfalls schwierigere Verlangen stellen müssen, daß über weiten Flächen die Sonnenhülle in ihrer ganzen Ausdehnung hunderte von Meilen täglich fortgetrieben wird und dabei doch noch die trichterförmigen Vertiefungen in längerem Zeitraume eine, wie es häufig der Fall ist, große Beständigkeit der Gestalt während des schnellen Fortrückens behalten. Ich habe wohl an unsere Wirbelstürme gedacht, wo die windstillen Centra durch ihren niedrigen Barometerstand eine Einsenkung der Atmosphäre verrathen und mit dem weitausgedehnten Wirbelsysteme viele Meilen weit fortrücken; aber die glänzenden schmalen Lichtbrücken, durch welche oft große Sonnenflecken in ihrer ganzen Längenausdehnung gespalten werden, treten der Vergleichung entgegen."

Schon 1789 hat Schröter die Sonnenflecken für nichts weiter als atmosphärische Ereignisse erklärt, obwohl er die Mög-

lichkeit nicht ausschloß, daß wir bisweilen Theile der Sonnenfläche selbst als dunkle Flecken sehen könnten; auch theilt er schon einige Beobachtungen mit, welche eine eigene besondere Bewegung der Flecken darthun. Nach Spörer's Untersuchungen unterliegt es jetzt wohl keinem Zweifel mehr, daß wir es bei den Sonnenflecken mit Wolkengebilden in der Sonnenatmosphäre zu thun haben.

Die Bode'sche und Herschel'sche Ansicht von einer Photosphäre hat nun von zwei Seiten her harte Stöße erfahren.

Im Jahre 1842 war bei der damals stattfindenden totalen Sonnenfinsterniß die Aufmerksamkeit der Astronomen vorzugsweise auf die Erscheinung der Corona und der Protuberanzen gerichtet. Bei der totalen Sonnenfinsterniß des Jahres 1860 wurden die Beobachtungen mit noch größerem Eifer vervollständigt. Die Corona, der breite weiße Lichtring, welcher die völlig schwarze Mondscheibe bei totalen Sonnenfinsternissen umgiebt, hat sich als die nicht selbst leuchtende, aber von der Sonne erleuchtete, also nur durch reflectirtes Sonnenlicht leuchtende, eigentliche Atmosphäre der Sonne ergeben. Es muß diese Atmosphäre eine ungeheure Erstreckung haben; denn die Breite der Corona kommt dem fünften Theile des Sonnenhalbmessers gleich. Seit 1842 nahm man nun an, daß — abweichend von Bode und Herschel — die Sonne von drei gasigen Hüllen umgeben sei, nämlich von einer inneren, die Fleckenhöfe bildenden Atmosphäre, von der Photosphäre in der Mitte und dann noch von einer äußeren Atmosphäre. Seit 1860 haben aber die Protuberanzen diese Ansicht beseitigt. Protuberanzen nennt man Hervorragungen, welche bei totalen Sonnenfinsternissen vorherrschend in rothem (rosa bis violett) Lichte und in bestimmter



(zacken-, wolken- oder flammenförmiger) Gestalt an mehreren Stellen des inneren Randes der Corona auftreten. Man ist nun zu der Ueberzeugung gelangt, daß diese Protuberanzen wolkenartige Niederschläge in dem niederen Theile der Sonnenatmosphäre sind, die geringere Temperatur und Leuchtkraft als der Sonnenkörper selbst besitzen und die — da an dem Zusammenhange mit den Sonnenflecken nicht gezweifelt werden kann — bei starker Blendung auf der Sonnenscheibe sich als schwarze Flecke projiciren, d. h. darstellen. Hiernach hätten die Sonnenflecke ihre Stelle in der äußeren Sonnenatmosphäre und die innere, die Flecken bildende Atmosphäre wäre somit nicht anzunehmen.

Eine ganz neue Ansicht über das Wesen der Sonne hatte die 1857 von Bunsen und Kirchhoff zu Heidelberg entdeckte Spectralanalyse zur Folge. Das Wesentliche der Entdeckung besteht darin, daß das Farbenbild (Spectrum), welches hervorgebracht wird, wenn Sonnenlicht durch ein kantiges Glas (Prisma) geht, und das im Allgemeinen die Regenbogenfarben zeigt, für jeden Stoff ganz bestimmte Abänderungen (Modificationen) erleidet, wenn dasselbe durch Flammen, welche verschiedene Stoffe enthalten, erzeugt wird.

Richtet man auf eine enge Spalte, durch welche in ein dunkles Zimmer Licht fällt, ein achromatisches Fernrohr, so daß man von derselben ein deutliches Bild erhält, und stellt dann vor dem Objectivglase ein Prisma auf, dessen Kante dem Spalte parallel ist, so tritt nach gehöriger Drehung des Fernrohres im Brennpunkte desselben an die Stelle des früheren Spaltbildes das Spectrum und man erblickt nun in demselben eine Menge feiner dunkler Linien und Streifen, die man nach dem Entdecker (1814)

Fraunhofer'sche Linien nennt. Die Lage der Streifen ist sowohl von dem brechenden Winkel, als auch von dem Stoffe des Prisma unabhängig, aber nach der Lichtquelle verschieden. Neuerdings hat man besondere kleine Apparate construirt, bei welchen das Licht durch eine Spalte in einen ganz geschlossenen, also dunklen Kasten fällt, in welchem das drehbare Prisma steht, und an dessen einer Seite das Fernrohr angebracht ist. Diese Apparate werden namentlich zu der in Rede stehenden Spectralanalyse benutzt.

Fraunhofer beobachtete über 570 dunkle Linien im Spectrum, welche über dieses unregelmäßig vertheilt waren, aber immer in derselben Ordnung lagen. Bei stärkerer Vergrößerung nimmt man noch weit mehr solcher Linien wahr. Das Licht der Venus und des Mars zeigt dieselben Linien, wie das der Sonne; stammt also aus derselben Quelle. Das Licht der Fixsterne, z. B. des Sirius, ist abweichend, ebenso das elektrische Licht. Bringt man in eine Spiritusflamme verschiedene Stoffe, so erleiden die Fraunhofer'schen Linien Veränderungen, aus denen man wieder rückwärts auf das Vorhandensein der Stoffe schließen kann. Dies Letztere ist das Princip der Spectralanalyse. Das Spectrum ist dadurch zu einem der feinsten chemischen Reagentien geworden und hat uns nun selbst Aufschluß über die in der Sonnenatmosphäre vorhandenen Stoffe gegeben. Der wesentlichste Punkt besteht hierbei in Folgendem.

Untersucht man das Spectrum eines weißglühenden festen oder flüssigen Körpers, z. B. des Drummond'schen Kalklichtes, welches bei den Hydrooxygengas-Mikroskopen und Nebelbildvorstellungen zur Verwendung kommt, so findet man dies in seiner

ganzen Erstreckung ohne Unterbrechung; ein Stoff hingegen, welcher im luftförmigen Zustande glüht, giebt ein aus vereinzelten hellen Linien bestehendes Spectrum. Das Spectrum z. B. des glühenden Natriumdampfes besteht aus einer einzigen gelben Linie, das des Lithiums ebenso aus einer einzigen intensiv rothen Linie, das des glühenden Strontiumdampfes aus mehreren rothen, einer orangefarbenen und einer blauen Linie. Die wichtige Entdeckung Kirchhoff's ist nun die, daß das Licht eines stark weißglühenden Körpers, wenn es durch einen glühenden Stoff hindurchgeht, der sich im luftförmigen Zustande befindet, ein Spectrum liefert, welches genau an der Stelle durch dunkle Linien unterbrochen ist, an welchen der im luftförmigen Zustande glühende Stoff für sich allein helle Linien erzeugt haben würde.

Nun liefert das Sonnenlicht ein durch zahlreiche dunkle Linien unterbrochenes Spectrum, nämlich die oben bezeichneten Fraunhofer'schen Linien. Viele dieser dunklen Linien fallen genau mit denjenigen hellen Linien zusammen, welche das Spectrum verschiedener Stoffe liefert. Es ist dies z. B. mit der gelben Natriumlinie der Fall, ebenso mit den zahlreichen Linien des Eisenspectrums, des Magnesiumspectrums 2c. Folglich muß man schließen, daß der Kern der Sonne sich im festen oder flüssigen Zustande befindet und weißglühend ist, daß dieser weißglühende Kern von einer glühenden Atmosphäre umgeben sei, in welcher sich verschiedene Stoffe im luftförmigen Zustande glühend befinden, und daß diese letzteren Stoffe dieselben sind, deren Flammenspectra aus hellen Linien bestehen, welche mit den Fraunhofer'schen Linien genau zusammentreffen. Auf diese Weise ist in der Sonnenatmosphäre z. B. ein Gehalt an Natrium, Kalium, Cal-

cium, Eisen, Magnesium nachgewiesen, und ebenso entschieden, daß in derselben Kupfer, Gold, Silber, Zinn, Lithium, Aluminium, Blei, Quecksilber, Arsen fehlen.

Was uns hier besonders wichtig ist, ist der Nachweis, daß der Kern der Sonne nicht dunkel ist, sondern sich in einem festen oder flüssigen weißglühenden Zustande befindet. Die besondere Photosphäre ist somit ebenfalls nicht mehr haltbar.

Nach den neuesten Ergebnissen der Forschung müssen wir also sagen: Die Sonne brennt.

Somit kommen wir in Betreff der Sonne zu dem Resultate, daß sich dieselbe zur Zeit noch in einem Zustande befindet, welchen unsere Erde ebenfalls durchgemacht hat, und den wir auch bei den übrigen Planeten unseres Sonnensystems als einen überwundenen Zustand anzunehmen berechtigt sind. Ueber den feurig-flüssigen Zustand unserer Erde in früherer Zeit habe ich mich bereits früher ausgesprochen *). Unsere Sonne wird also wahrscheinlich denselben Entwicklungsgang durchzumachen haben, und es dürfte also einmal die Zeit kommen, wo die Sonne aufhört, Licht und Wärme der Erde und den übrigen Planeten zuzuführen; eine Zeit, welche als ein Untergang der Erde bezeichnet werden könnte, weil dann von einem Leben, wie sich solches unter den jetzigen Verhältnissen auf der Erde gestaltet hat, nicht mehr die Rede sein könnte. Daß dieser Zeitpunkt ein noch sehr ferner sein werde, daß wohl noch Millionen von Jahren bis dahin verstreichen werden, ist anzunehmen und wollen wir auch hoffen. Für das schließliche Eintreten

*) Vergl. Ueber die Verhältnisse, unter welchen der Untergang der Erde herbeigeführt werden könnte. Ein populärer Vortrag. Dritte Auflage. Leipzig. Verlag von Otto Wigand. 1858. Seite 5 ff.



dieses Zeitpunktes sprechen aber nicht nur die Verhältnisse unseres Planetensystems, sondern noch andere. Der Sirius gehört zu den physischen Doppelsternen und es ist erwiesen, daß der eine dieser Sterne, wie es scheint sogar der Hauptstern, wenigstens im Vergleiche mit unserer Sonne ein dunkler Körper ist. Ja es scheint ein gleiches Verhältniß bei dem Sterne Procyon, bei der Spika und noch einigen anderen statt zu finden.

Kehren wir nun zu den Sonnenflecken zurück, welche zur Annahme eines dunklen Sonnenkernes die Veranlassung gegeben hatten, so fragt es sich nun, wie diese Erscheinung mit dem neuesten Ergebnisse der Forschung in Einklang zu bringen sein dürfte.

Kirchhoff spricht sich in folgender Weise aus und Spörer u. A. stimmen ihm bei:

„In der Atmosphäre der Sonne müssen ähnliche Vorgänge stattfinden, wie in der unserigen; locale Temperaturerniedrigungen müssen dort wie hier die Veranlassung zur Bildung von Wolken geben; nur werden die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den unserigen verschieden sein. Wenn eine Wolke dort sich gebildet hat, so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre abgekühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche der glühende Körper der Sonne ihnen zusendet, durch die Wolke entzogen wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter und größer die Wolke ist, und dabei erheblicher für diejenigen Punkte, welche nahe über der Wolke liegen, als für die höheren. Eine Folge davon muß sein, daß die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben her anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glühhitze, sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines

Sonnenfleckens. Aber auch noch in beträchtlicher Höhe über dieser Wolke findet Temperaturerniedrigung statt. Sind hier irgendwo durch die Tiefe der schon herrschenden Temperatur oder durch das Zusammentreffen zweier Luftströme die Dämpfe ihrem Condensationspunkte nahe gebracht, so wird diese Temperaturerniedrigung die Bildung einer zweiten Wolke bewirken, die weniger dicht ist als jene, weil in der Höhe der geringeren Temperatur wegen die Dichte der vorhandenen Dämpfe kleiner ist, als in der Tiefe. Diese zweite theilweise durchsichtige Wolke wird, wenn sie eine hinreichende Ausdehnung gewonnen hat, den Halbschatten bilden."

Fragen könnte man hierbei noch, wie die Temperaturstörungen möglich wären, wenn der in höchster Glühhitze befindliche Sonnenkern kugelförmig ist und die ihn umgebenden concentrischen Schichten in ihrer ganzen Ausdehnung von innen nach außen in gleicher Weise eine niedrigere Temperatur annehmen. Strömungen in der Atmosphäre bedingen Temperaturdifferenzen und fehlen die letzteren, so können auch die ersteren nicht eintreten. Woher die Temperaturstörungen kommen, können wir freilich nicht in ihrem ersten Ursprunge angeben; halten wir uns aber an das Resultat der Beobachtungen, so können wir sie wenigstens nicht wegläugnen. Die von Spörer nachgewiesenen Stürme sind nun zuverlässige Zeugen für Temperaturdifferenzen auf der Sonne. Eine andere eben dahin zielende Thatsache ist der von dem Astronomen Secchi geführte Nachweis, daß die erwärmende Kraft der Sonne an ihren Polen geringer ist, als am Aequator.

Die Sonne brennt! Die Sonne wird auch nach allen sonstigen Erfahrungen einmal erlöschen.

Von diesem letzten Gedanken, der für die Menschheit so trübe und trostlos ist, hat man sich durch mancherlei Gründe frei zu machen gesucht und sich abgemüht, die Frage zu beantworten, woher die Sonne ihr Brennmaterial beziehe, damit das Planetensystem nicht schließlich in Nacht und Todeskälte versinke. Man hat das Resultat der Messungen von J. Herschel und Pouillet erwogen, daß nämlich die Sonne allein auf den kleinen Punkt, den wir Erde nennen, in einem Jahre so viel Wärme sende, daß dieselbe im Stande wäre, eine über die gesammte Erdoberfläche ausgebreitete Eislage von 100 Fuß Dicke zu schmelzen. Und um ein Pfund Eis von der Temperatur des Eisschmelzepunktes in Wasser von derselben Temperatur umzuwandeln, gebraucht man schon so viel Wärme, daß man mit ihr ein Pfun. Wasser von der Temperatur des schmelzenden Eises bis auf 79° C. oder 63° R. würde erwärmen können. Welche ungeheuere Menge an Wärme und Licht geht also schon in einem einzigen Jahre von der Sonne nach allen Richtungen hin fort!

Woher erhält nun die Sonne Ersatz für diesen Verlust, zumal sie schon viele Millionen Jahre hindurch denselben erlitten hat und doch in ungeschwächter Kraft noch zu strahlen scheint?

Eine bloße Zufuhr von Brennmaterial von außen, um den Wärmeverlust zu ersetzen, kann nichts helfen. Diese Zufuhr müßte sehr bedeutend sein; eine Folge davon wäre dann eine Zunahme der Sonnenmasse, und eine weitere Folge hiervon eine Aenderung in der Bewegung der Planeten, die schon in historischer Zeit nicht unbemerkt hätte bleiben können, aber nicht eingetreten ist.

Man hat nun seine Zuflucht zu der neuen, von Dr. J. R.

Mayer in Heilbronn aufgestellten und erfolgreichen mechanischen Wärmetheorie genommen. Hiernach ist Wärme nur eine Bewegungsform, wie das Licht und wie der Schall ebenfalls nur dergleichen sind. Wärme und Arbeit sind äquivalent, d. h. ein Aufwand an Bewegung entspricht einer bestimmten Entwickelung von Wärme, nämlich um ein Pfund Wasser von 0 ° C. um 1 ° C. zu erwärmen, braucht man eine gewisse Menge Wärme, und dieselbe Wärmemenge wird durch die Arbeit erzeugt, durch welche man ein Pfund auf eine Höhe von etwa 1300 Fuß heben würde. Durch die Bewegung eines fallenden Körpers wird hiernach Wärme erzeugt.

Von dieser Wärmetheorie ausgehend hat man an die Meteorsteine gedacht und in der Annahme, daß eine gehörige Menge dieser Körper durch ihr Hineinfallen in die Sonne dieser so viel Wärme zuführten, daß der Verlust an Wärme dadurch hinreichend gedeckt würde, das Räthsel zu lösen gesucht. Den Einwand, daß dadurch die Sonnenmasse zunehme und in Folge dessen die Anziehungsverhältnisse zwischen der Sonne und den Planeten eine Aenderung erleiden würden, hat man durch eine Berechnung zu beseitigen gesucht, nach welcher erst nach 30 bis 60,000 Jahren der Sonnendurchmesser um die kleinste für uns wahrnehmbare Größe vermehrt werden würde, wenn eine ausreichende Menge von Meteorsteinen die Sonne speise.

Zwar weiß ich, daß die Lösung jeder Frage in der Physik auf eine neue Frage führt, bis wir zu den Fundamentalerscheinungen gelangen, wo wir nicht weiter kommen können. Im vorliegenden Falle scheint es aber mit der Heizung der Sonne durch Meteorsteine ähnlich zu sein wie mit dem Elephanten, welcher

die Erde trägt, während er selbst auf einer Schildkröte seinen Standpunkt hat. Frage ich hier, worauf die Schildkröte steht; so muß ich auch bei der Heizung der Sonne durch Meteorsteine fragen, wo kommt der Ersatz an Meteorsteinen her, da es doch sicher kein Fundamentalphänomen ist, daß diese in unerschöpflicher Menge der Sonne zufliegen. Gewundert habe ich mich, daß man nicht schon weiter gegangen ist. Wie schön erklärt es sich z. B., daß relativ warme Jahre ihren Grund darin haben, daß die Sonne durch eine übergroße Menge in dieselbe gefallener Meteorsteine überhitzt worden ist, u. dergl.

Wir werden zwar es nicht erleben und viele Generationen nach uns ebensowenig, daß die Sonne erlischt; aber da die Planeten, jedenfalls wie unsere Erde, früher in demselben Zustande gewesen sind, in welchem sich die Sonne jetzt noch befindet, so wird es sicherer sein anzunehmen, daß die Sonne von den übrigen Körpern unseres Sonnensystems keine Ausnahme machen werde. An den Zwillingsstern des Sirius brauchen wir dabei noch gar nicht zu denken.

Was wird dann aber aus der Erde und aus der Menschheit werden? Diese Frage können wir der Zukunft überlassen. Die Erde hat schon mehrere Revolutionen durchmachen müssen, ohne daß wohl vorher bestimmt werden konnte, wie der Zustand der Erde selbst und auf ihr in der nächstfolgenden Zeit sein dürfte. Jedenfalls liegt kein Grund vor zu behaupten, daß die Erde alle Revolutionen bereits bestanden habe und ihr jetziger Zustand unter allen Umständen erhalten bleiben werde und erhalten bleiben müsse.

---

2. Die Sonne ist nicht soweit von der Erde entfernt, als man geglaubt hat.

Die Sonne erscheint uns im Allgemeinen von derselben Größe, wie der Vollmond. Dennoch wissen wir, daß die wahre Größe der Sonne die des Mondes vielmal übertrifft. — Zwei ungleichgroße Kugeln in derselben Entfernung von unserem Auge erscheinen uns auch von ungleicher Größe; rücken wir aber die größere weiter ab, so erscheint uns dieselbe um so kleiner, je größer ihre Entfernung wird bis endlich die größere der kleineren gleich oder wohl gar kleiner erscheint. Unendlich viele Beispiele aus dem täglichen Leben bestätigen dies, und somit erklärt sich aus der ungleichen Entfernung der Sonne und des Mondes von der Erde die scheinbare Uebereinstimmung in der Größe, ungeachtet in Wirklichkeit ein großer Unterschied besteht. — Aber wie viel Mal mag die Sonne von der Erde weiter entfernt sein, als der Mond? —

Diese Frage hat man sich schon in den frühesten Zeiten gestellt, und auch bereits vor mehr denn 2000 Jahren hat man ungeachtet der damals noch so unvollkommenen Hilfsmittel doch schon einen Weg ermittelt, auf welchem wenigstens eine annähernde Antwort gefunden werden konnte.

Wissen wir von einem rechtwinkeligen Dreiecke, wie groß einer der spitzen Winkel ist, so stehen die Seiten bei derselben Größe dieses Winkels stets in demselben Verhältnisse. Die Kenntniß dieses Satzes führte zur Beantwortung der in Rede stehenden Frage.

Aristarch von Samos, ein griechischer Astronom, maß um 260 vor Chr. zur Zeit des ersten Mondviertels den Winkel, welchen die beiden Linien mit einander bilden, von denen die eine nach dem Mittelpunkte der Sonne, die andere nach dem Mittelpunkte des Mondes gerichtet war, und fand denselben 87 Grad groß. Nun ist klar, daß zur Zeit des ersten Mondviertels, wenn die Grenzlinie der erleuchteten und dunklen Hälfte des Mondes eine gerade Linie von der Erde aus gesehen bildet, das Dreieck, welches die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Mondes verbindet, am Monde rechtwinkelig sein muß; folglich ist das Verhältniß der Sonnenentfernung zu der Mondentfernung von der Erde gefunden, — soweit man sich auf die Genauigkeit der Messung des Winkels verlassen kann. In einem rechtwinkeligen Dreiecke, in welchem der eine Winkel 87 Grad beträgt, ist nun die dem rechten Winkel gegenüber liegende Seite $19^1/_{10}$ Mal größer als die zwischen dem Winkel von 87 Grad und dem rechten Winkel liegende, also wäre die Sonne $19^1/_{10}$ Mal — Aristarch gab 18 bis 20 Mal — weiter von der Erde entfernt als der Mond.

Es fragt sich nun, wie weit ist es von der Erde bis zum Monde, um daraus wieder den Abstand der Sonne von der Erde in uns verständlichem Maße zu finden?

Ohne auf die Lösung dieser Frage uns in Einzelheiten einzulassen, genüge die Bemerkung, daß ein Dreieck bestimmt ist, wenn man die Länge einer Seite und die Größe der beiden an derselben liegenden Winkel kennt. Wenn man also von zwei Standpunkten aus, deren gegenseitiger Abstand bekannt ist, nach einem dritten feststehenden Punkte, oder von beiden Standpunkten

aus zu gleicher Zeit nach einem in Bewegung begriffenen dritten Punkte visirt und die Winkel bestimmt, welche diese Visirlinien mit der die beiden Standpunkte verbindenden Linie (Standlinie) bilden, so hat man die nöthigen Größen, aus welchen die Seiten des Dreiecks, d. h. die Entfernungen des dritten Punktes von den Standpunkten, sich berechnen lassen. Würde man also von zwei in ihrem gegenseitigen Abstande bekannten Punkten auf der Erdoberfläche gleichzeitig nach dem Monde visiren und die betreffenden Winkel messen, so würde man den Abstand des Mondes von der Erde finden*). Durch derartige Beobachtungen und Messungen hat man die Entfernung des Mondes von der Erde im Allgemeinen zu 51000 Meilen oder 60 Erdhalbmessern gefunden. Wäre nun das Resultat des Aristarch richtig, so stände die Sonne bei 20 Mal größerer Entfernung ungefähr eine Million Meilen weit von der Erde. Die Entfernung des Mondes von der Erde war aber dem Aristarch allerdings nicht so genau bekannt.

So groß auch der Schritt war, welchen Aristarch zur wahren Ermittelung des Sonnenabstandes von der Erde gethan hat — nach Pythagoras sollte der Mond etwa 4000 Meilen und die Sonne nur zwei bis drei Mal weiter entfernt sein; an-

---

*) Im Allgemeinen nennt man den dritten Winkel des Dreiecks an dem Punkte, nach welchem hin visirt wird, die Parallaxe des Punktes. Da dieser dritte Winkel durch die beiden anderen bestimmt ist und er bei derselben Standlinie um so kleiner ausfällt, je entfernter der betreffende Punkt ist, so ist — auf dieselbe Standlinie bezogen — die Entfernung des Punktes um so größer, je kleiner die Parallaxe wird. In der Astronomie bezieht man gewöhnlich die Parallaxe auf den Halbmesser der Erdkugel als Standlinie.

derer ebenso ungenauer Angaben gar nicht zu gedenken, — so ist das Resultat doch noch von der wahren Größe weit entfernt. Indessen erst mit der Verbesserung der astronomischen Meßinstrumente gelangte man zu genaueren Bestimmungen und durch die richtigere Ansicht über unser Planetensystem und die Kenntniß der wahren Gesetze der Planetenbewegung zu vollkommeneren Methoden. Man fand, daß die Entfernung der Sonne von der Erde viel größer sei, als man geglaubt hat. Copernicus, gestorben 1543, bediente sich bei seinen astronomischen Beobachtungen eines höchst einfachen hölzernen Instrumentes; Tycho de Brahe, gestorben 1601, der sich durch die Genauigkeit seiner Messungen auszeichnete, hatte einen hölzernen Mauerquadranten; erst Hevel ließ sich einen Quadranten aus Messing anfertigen. Ein Riesenschritt in Bezug auf astronomische Messungen geschah durch die Erfindung des Fernrohres im Beginne des 17. Jahrhunderts und dann durch die Anbringung eines Fadenkreuzes oder Fadennetzes in diesen Instrumenten*). Copernicus hatte der Sonne ihre richtige Stelle angewiesen; Kepler fand im Anfange des 17. Jahrhunderts die wahren Gesetze der Planetenbewegung;

*) Fadenkreuze bestehen aus zwei oder auch nach Bedürfniß aus mehreren Fäden von Spinnencocons oder aus sehr dünnen Metalldrähten, welche über einen Ring gespannt sind, so daß sich bei zwei Fäden diese in der Mitte des Ringes rechtwinkelig kreuzen. Mehrere Fäden bilden ein Fadennetz. Diese Fadenkreuze bringt man bei den Fernröhren und Mikroskopen in dem Brennpunkte des Augenglases an, um den Mittelpunkt und die Lage zweier auf einander senkrecht stehenden Durchmesser des Gesichtsfeldes anzugeben. Dadurch gewinnt man einen zu genauen Messungen nöthigen Anhalt. Der Erfinder des Fadennetzes soll Montanari sein; gewöhnlich wird aber Cornelius Malvasia aus Bologna angegeben.

Newton gab durch sein Gravitationsgesetz den Schlüssel zu diesen Bewegungen; Galiläi hatte die Pendelgesetze entdeckt; Huyghens lieferte, indem er das Pendel zum Regulator eines Räderwerkes machte, in den Räderuhren einen Zeitmesser, der bis dahin eigentlich gänzlich gefehlt hatte. Solche Fortschritte ermöglichten auch eine genauere Erforschung der Entfernung der Sonne von der Erde.

Die Geschichte unseres Gegenstandes macht einen gewaltigen Sprung von 2000 Jahren. Tycho de Brahe nahm die Entfernung der Sonne noch zu 1142 Erdhalbmessern an, also zu etwa einer Million Meilen, wie wir nach Aristarch gefunden haben; Kepler setzte die Sonne in eine Entfernung von etwa 3 Millionen Meilen. Riccioli, gest. 1671, beobachtete noch nach Art des Aristarch, fand aber die Parallaxe der Sonne durch die besseren Instrumente zu 28 bis 30 Secunden, also eine Entfernung von 5 bis 6 Millionen Meilen.

Der Wahrheit am nächsten kam zuerst Dominicus Cassini. Aus Beobachtungen, welche der französische Astronom Richer 1671 zu Cayenne am Planeten Mars gemacht hatte, berechnete er die Parallaxe, also die Entfernung, dieses Planeten zu $25^1/_2$ Sec. und schloß nun nach dem dritten Keplerschen Gesetze*), daß die Sonne 21712 Erdhalbmesser, also etwas über 18 Millionen Meilen, von der Erde entfernt sein müsse und eine Parallaxe von $9^1/_2$ Sec. habe.

Cassini's Berechnung der Sonnenentfernung aus der Pa-

*) Die Cubikzahlen der mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne verhalten sich wie die Quadratzahlen der mittleren Umlaufszeiten.



rallare des Mars veranlaßte gleiche Berechnungen aus der Parallare der Venus. Lacaille fand nämlich aus Beobachtungen, die er 1751 am Vorgebirge der guten Hoffnung gemacht hatte, die Parallare der Sonne zu 10¼ Sec., erhielt also eine kleinere Entfernung als Cassini.

Die Bestimmungen Cassini's und Lacaille's liegen 80 Jahre auseinander. Inzwischen war noch eine andere Beobachtungsmethode angeregt worden durch den berühmten Edmund Halley, dessen Name in der Astronomie für ewige Zeiten glänzen wird, da er zuerst die Wiederkehr eines Kometen, nämlich des nach ihm benannten, vorausgesagt und berechnet hatte. Halley (1656—1742) hatte 1677 auf der Insel St. Helena astronomische Beobachtungen angestellt und dabei das Glück gehabt, einen Vorbeigang des Planeten Mercur vor der Sonne zu beobachten. Die hierbei auftretenden Umstände brachten ihn auf einen fruchtbaren Gedanken in Betreff der Bestimmung der Sonnenparallare. Es kann Halley's Gedankengang nicht besser geschildert werden, als mit seinen eigenen Worten*):

„Es giebt viele Dinge in der Welt, die auf den ersten Blick sehr parador, ja ganz unglaublich erscheinen, und die doch nicht minder wahr und oft sogar mit Hilfe der Mathematik sehr leicht zu beweisen sind. Was sollte es wohl Schwereres geben, als die Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde? Und doch ist sie eine der leichtesten, wenn man nur einige diesem Zwecke angemessene Beobachtungen vorausschickt, wie ich sogleich näher zeigen werde."

---

*) Vergl. Die Wunder des Himmels von Littrow. Abschnitt Venus.

„Vor vierzig Jahren (1677) war ich auf der Insel St. Helena, um daselbst die Sterne des südlichen Himmels zu beobachten. Zufällig ereignete sich in dieser Zeit ein Durchgang des Mercur vor der Sonnenscheibe. Indem ich ihn mit einem guten Fernrohre beobachtete, bemerkte ich bald, daß sich diese Beobachtungen mit einer ganz besonderen Schärfe ausführen lassen. Dabei fiel mir ein, daß sich durch diese Beobachtungen wohl die Parallaxe des Mercur gut bestimmen lassen würde, die beträchtlich größer sein muß, als die der Sonne, da Mercur in seiner unteren Conjunction der Erde soviel näher steht. Aber ich sah auch bald, daß die Differenz der Parallaxe des Mercur und der Sonne kleiner ist, als die Parallaxe der Sonne, und daß daher auf diesem Wege nicht viel Gutes zu erwarten sein wird.“

„Aber bei der Venus, fiel mir ein, ist dies Verhältniß viel günstiger, da ihre Parallaxe viel größer ist, als die des Mercur, und da man sie also auch von verschiedenen Punkten der Erde an verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe sehen muß. Sollte sich aber nicht aus eben dieser Verschiedenheit der Stellen die Sonnenparallaxe selbst, durch die sie doch verursacht werden, wieder rückwärts finden lassen?“

„Diese Beobachtungen bedürfen, wie man von selbst sieht, keiner besonders kostbaren Instrumente. Ein gutes Fernrohr und eine gute Uhr, weiter braucht es nichts. Die geographische Breite des Orts darf nur obenhin bekannt sein, da sie auf die Erscheinung keinen so wesentlichen Einfluß hat, und die geographische Länge kann man beinahe ganz entbehren, da man nichts als die Dauer der Beobachtung, d. h. als die Zeit zu kennen braucht, die zwischen dem Ein- und Austritt der Venus ver-



fließt, ohne die absoluten Momente dieser Erscheinung selbst zu kennen."

„Der erste der nächstkünftigen Durchgänge der Venus wird am 26. Mai (alten Styls, also 5. Juni neuen Styls) 1761 statt haben. An diesem Tage, wenn es in London zwei Uhr des Morgens ist, wird Venus in die Sonne treten und um zehn Uhr des Vormittags wird sie wieder austreten. Die Dauer des ganzen Durchgangs wird also acht Stunden sein, und wir in London werden den Eintritt nicht sehen, weil wir zu dieser Zeit noch Nacht haben. Aber wenn die Sonne gegen sechs Uhr aufgehen wird, werden wir die Venus beinahe in der Mitte der Sonnenscheibe erblicken. Die Bewohner von Norwegen aber, für welche die Sonne, wenn es in London zwei Uhr ist, schon aufgegangen sein wird, diese werden den Eintritt und sonach die ganze Dauer der Erscheinung sehen." . . .

„Ich empfehle diese Methode auf das Dringendste allen Astronomen, welche Gelegenheit haben sollten, diese Dinge zu einer Zeit zu beobachten, wenn ich schon todt bin. Mögen sie dieses meines Rathes eingedenk sein und sich recht fleißig und mit aller ihrer Kraft auf diese wichtigen Beobachtungen verlegen, wozu ich ihnen herzlich wünsche, zuerst daß sie nicht durch ungünstige Witterung des ersehnten Anblicks beraubt werden, und dann, daß sie, wenn sie die wahre Größe unserer Planetenbahnen mit mehr Genauigkeit bestimmt haben, daraus unsterblichen Ruhm und Ehre schöpfen mögen."

Halley starb 1742. Der Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe 1761 trat ein und die Astronomen waren in Be-

reitschaft. Die damaligen Beobachtungen können indessen gewissermaßen nur als Vorübungen zu dem am 3. Juni 1769 erfolgten nächsten Durchgange der Venus betrachtet werden. Die Durchgänge der Venus vor der Sonnenscheibe haben das Eigenthümliche, daß deren zwei in acht Jahren aufeinander folgen, daß dann aber über hundert Jahre vergehen, ehe wiederum zwei acht Jahre auseinander liegende eintreten. Der jetzt nächste Durchgang erfolgt im Jahre 1874, der folgende 1882, und dann tritt das Ereigniß erst wieder im Jahre 2004 ein.

Die Astronomen wußten 1769 die Regierungen für die wichtige Angelegenheit zu interessiren. Mitglieder der Akademie der Wissenschaften in London gingen nach Nordamerika, Otahaiti und Madras in Ostindien. Französische Astronomen wurden nach Californien, nach St. Domingo und ebenfalls nach Ostindien geschickt. In Rußland wurden durch die Kaiserin Katharina die Mittel bewilligt, um die nöthigen Instrumente herbei zu schaffen und Beobachtungsstationen an verschiedenen Punkten des Reiches zu errichten. Schwedische Beobachter standen auf ihren Posten und auf den stationären Sternwarten war man nicht minder in Thätigkeit. Das Beobachtungsmaterial fiel reichlich aus und fand mehrere Berechner; die ausgezeichneteste dieser umständlichen Arbeiten lieferte jedoch erst 1825 der Berliner Astronom Encke in einem aus zwei Bänden bestehenden Werke: „Die Entfernung der Sonne.“ Nach Encke's Rechnung beträgt die Parallaxe der Sonne $8^1/_2$ Sec. und danach berechnet sich die Entfernung derselben auf 20682000 geogr. Meilen, von denen 15 auf einen Grad des Aequators gehen, mit einer Unsicherheit von etwa 90000 Meilen.



Seit 1825 galt dies Resultat mit Recht als das genaueste. Anders steht es jetzt 40 Jahre später.

Wären Erde und Mond nur ihrem gegenseitigen Einflusse unterworfen, so würde der Mond um die stillstehende Erde eine Bahn einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde ihre Stelle hätte, beschreiben *). Da die Erde nicht still steht und sie den Mond auf ihrer Reise um die Sonne mit sich zieht, so entsteht durch diese doppelte Bewegung der Bahn des Mondes um die Sonne eine große Spiral- oder Schlangenlinie, welche ungefähr in der Mitte ihrer Windungen von der Erdbahn geschnitten wird. Man kann diese Mondbahn mit einer in 12 bis 13 Windungen zusammengeschlungenen Schnur vergleichen, deren Knoten oder Windungen aber, weil sie mit der jährlichen Schnur kein gemeinschaftliches Maß haben, selbst nach vielen tausend Jahren nicht wieder auf dieselbe Stelle fallen. Nun ist der Mond aber ebenso wie die Erde dem Einflusse der Sonne unterworfen und seine Entfernung von der Erde schwankt so sehr, daß sein Halbmesser unter 14 Minuten 41 Secunden bis 16 Min. 45 Sec. von der Erde aus gesehen wechselt, also auch die Entfernung zwischen 48043 und 54832 Meilen schwankt.

Die Berechnung des Mondlaufes ist, wie schon aus diesen

---

*) Man ziehe durch zwei Stellen eines Papierblattes einen Zwirnfaden, knüpfe ihn lose zusammen und führe ihn nun durch eine Bleistiftspitze gespannt auf dem Papiere herum. Die Bleistiftspitze beschreibt hierbei eine Ellipse und jeder der beiden Punkte, in denen der Faden fest ist, heißt ein Brennpunkt. Das Eigenthümliche dieser Linie ist, daß die Abstände eines jeden Punktes der Linie von den beiden Brennpunkten stets dieselbe Summe geben.

wenigen Angaben ersichtlich sein wird, eine äußerst schwierige. Kann man alle Einflüsse in Rechnung nehmen und stimmt dann das Resultat der Berechnung mit der Beobachtung überein, so würde dies ein Beweis dafür sein, daß man die Einflüsse richtig in Ansatz gebracht hat. Nun hat aber 1854 Hansen, Director der Sternwarte Seeberg bei Gotha, aus seinen Rechnungen, die sich namentlich auf Beobachtungen des Mondes auf den Sternwarten zu Dorpat in Rußland und zu Greenwich in England stützten, gefunden, daß Beobachtung und Rechnung nur dann befriedigend stimmen, wenn er die Entfernung der Sonne von der Erde etwa $^1/_{30}$ kleiner annimmt, als nach Encke's Berechnung seither für richtig gehalten worden ist. Also scheint Encke's Resultat nicht richtig zu sein, oder Hansen hat einen Fehler begangen. Die Sache erregte bei den Astronomen gerechtes Aufsehen. Eine Prüfung war nothwendig und der englische Astronom Airy, der sich dieser unterzog, erklärte sich 1859 beistimmend für Hansen. Bald aber sollten noch von anderer Seite her Zustimmungen erfolgen, die um so gewichtiger waren, als ganz verschiedene Wege zu demselben Ziele führten.

Mond und Erde bewegen sich, wie wir gesehen haben, innig verbunden um die Sonne. Man kann beide gewissermaßen als einen Körper ansehen und die Bewegung beider um die Sonne auf die Bewegung ihres gemeinschaftlichen Schwerpunktes um die Sonne zurückführen. Neben dieser fortschreitenden Bewegung des Schwerpunktes beschreiben dann aber sowohl die Erde als auch der Mond in einem Monate Bahnen um den Schwerpunkt. Wo liegt aber der Schwerpunkt?

Da die Masse der Erde die des Mondes bedeutend über-

trifft, so liegt der Schwerpunkt beider nicht blos jener näher, sondern er fällt sogar noch in das Innere der Erdkugel, und zwar, wie sich ergeben hat, noch etwa 290 Meilen unter die Erdoberfläche oder, da der Erdhalbmesser etwa 850 Meilen beträgt, noch 560 Meilen von dem Mittelpunkte der Erde seitwärts in der Richtung nach dem Monde zu. Der Mond beschreibt nun um diesen Schwerpunkt in jedem Monate eine Bahn von etwa 50000 Meilen Halbmesser, die Erde mit ihrem Mittelpunkte hingegen eine solche von nur etwa 560 Meilen.

Die Bahn des Mondes ist gegen die Ecliptik, d. h. gegen die Bahn der Erde um die Sonne geneigt. Folglich befindet sich der Mond während der einen Hälfte seines monatlichen Umlaufs auf der einen und während der anderen Hälfte auf der anderen Seite der Ecliptik. Dasselbe muß nun auch mit dem Mittelpunkte der Erde der Fall sein, da der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Erde und des Mondes in der Ecliptik bleibt, und zwar muß derselbe sich stets auf der Seite der Ecliptik befinden, auf welcher der Mond nicht steht. Durch diese, wenn auch kleine, monatliche Bewegung der Erde wird eine scheinbare Bewegung der Sonne bedingt, eine Art Schwanken derselben, welches sich darin kund giebt, daß der Sonnenmittelpunkt nicht genau die Ecliptik innehält, sondern im Laufe eines Monats bald etwas nach der einen, bald etwas nach der anderen Seite gerückt ist und zwar stets nach der Seite hin, auf welcher der Mond gerade steht.

Der Entdecker des Planeten Neptun, der berühmte französische Astronom Leverrier fand nun aus Sonnenbeobachtungen, die auf den Sternwarten zu Königsberg in Preußen, zu

Greenwich in England und zu Paris angestellt worden waren, daß die Abweichung bis auf einen Winkel von 6½ Sec. steigt. Wird nun diese Abweichung wirklich durch die angegebene monatliche Bewegung der Erde veranlaßt, so heißt dies nichts Anderes, als eine Ortsveränderung des Erdmittelpunktes um 560 Meilen über oder unter die Ecliptik bringt eine scheinbare Verschiebung des Sonnenmittelpunktes unter oder über die Ecliptik um einen Winkel von 6½ Sec. hervor, und dies heißt dann nichts Anderes, als daß von dem Sonnenmittelpunkte aus eine Strecke von 560 Meilen unter einem Winkel von 6½ Sec. erscheint. Die sich hierauf gründende Rechnung ergiebt nun eine kleinere Entfernung der Sonne von der Erde, als Encke gefunden hatte, und legt man die genaueren Zahlen über die Lage der Erde und des Mondes zu Grunde, so stellt sich, wie bei Hansen, heraus, daß die wahre Entfernung der Sonne etwa $^1/_{30}$ kleiner ist.

Leverrier kam indessen auf noch einem anderen Wege zu einem gleichen Resultate, nämlich durch die Berechnungen der Störungen, welche die Planeten Mars und Venus durch die Erde erleiden. Welch ein Meister Leverrier in den sogenannten Störungsrechnungen ist, hat derselbe bei der Entdeckung des Planeten Neptun erwiesen, und nun fand er sich wieder durch ein herrliches Resultat belohnt.

Wäre nur die Sonne und ein Planet vorhanden, so würde in Folge der gegenseitigen Anziehung die Bahn des Planeten um die Sonne eine genaue Ellipse sein. Es sind aber noch andere Planeten vorhanden und diese stehen nicht nur zu der Sonne in einem gegenseitigen Anziehungsverhältnisse, sondern wirken auch auf einander ein. Folge davon ist, daß die elliptische Bahn,

welche ein Planet unter dem alleinigen Einflusse der Sonne beschreiben würde, durch den Einfluß der anderen Planeten eine Abänderung erleidet, d. h. daß der Planet in seinem ideellen Laufe gestört wird.

Als Leverrier den störenden Einfluß der Erde auf die Bahnen des Mars und der Venus berechnete, fand er, daß Beobachtung und Rechnung nur dann stimmten, wenn er der Erde eine stärkere Anziehung zuschrieb, als man bisher bei ihr annahm. Nun ist es aber nicht wahrscheinlich, daß man über die Anziehungskraft der Erde in einem so auffallenden Irrthume begriffen sein sollte, da man diese auf mannichfache Weise festzustellen gewußt hat. Es mußte die Ursache an etwas Anderem liegen, und es fragte sich nun: woran?

Die Anziehungskraft der Erde wird nach der Anziehungskraft gemessen, welche die Sonne ausübt. Da die erstere als feststehend angenommen werden kann, so mußte also wohl ein Irrthum in der Maßeinheit, d. h. in der Anziehungskraft der Sonne zu Grunde liegen, und es war also nicht jene, sondern diese zu ändern. Nun ist aber die Wirkung der Anziehungskraft der Sonne auch abhängig von ihrer Entfernung und Leverrier konnte daher schließen, daß die seinen Rechnungen zu Grunde liegende Entfernung der Sonne von der Erde nicht richtig sein dürfte. Eine Verminderung der Sonnenentfernung um $\frac{1}{30}$ des bisher angenommenen Betrages brachte die Rechnungen, welche er angestellt hatte, mit den Beobachtungen zur Uebereinstimmung und so hatte Leverrier auf zwei verschiedenen Wegen das Hansen'sche Resultat erhalten.

Dies war die Sachlage im Jahre 1862. Im Anfange der zweiten Hälfte dieses Jahres trat eine Stellung des Mars zur

Sonne und zu der Erde ein, welche ganz besonders geeignet war, die Methode zur Bestimmung der Sonnenentfernung nochmals anzuwenden, welche, wie bereits erwähnt worden ist, Cassini mit Hilfe von Richers Marsbeobachtungen vom Jahre 1671 zur Ausführung gebracht hatte.

Das Eigenthümliche dieser Marsstellung bestand kurz in Folgendem. Erde und Mars beschreiben um die Sonne ziemlich in derselben Ebene liegende Ellipsen, von denen jene die kleinere ist. Die Umlaufszeiten beider Planeten sind derartig, daß nach je 780 Tagen die Erde zwischen Mars und Sonne steht, so wie bei jedem Vollmonde die Erde sich zwischen Mond und Sonne befindet. Mars geht dann auf, wenn die Sonne untergeht, und unter, wenn diese aufgeht, so daß er während der ganzen Nacht sichtbar ist. Das Eigenthümliche der Marsstellung im Jahre 1862 bestand indessen nicht hierin allein, da nach Verlauf von etwas über zwei Jahren diese Stellung immer wieder eintritt und also dies nichts Ungewöhnliches ist; sondern die Erde befand sich zu gleicher Zeit in der Sonnenferne und der Mars in der Sonnennähe, so daß sich beide Planeten so nahe, nämlich etwa 7 Millionen Meilen, standen, wie sie einander nur irgend nahe kommen können, während bei derselben Stellung, wenn jedoch die Erde in der Sonnennähe und der Mars in der Sonnenferne sich befindet, die Entfernung beider Planeten von einander bis über das Doppelte der obigen Angabe anwachsen kann.

Diese große Annäherung des Mars an die Erde war ein vorherberechnetes, aber mit Sehnsucht von den Astronomen erwartetes Ereigniß und ist emsig benutzt worden. Die zahlreichen Beobachtungen auf den Sternwarten aller Erdtheile haben an

Winnecke in Pulkowa bereits einen Berechner gefunden und ergeben, daß der Mars nicht so weit entfernt gewesen ist, als nach den Berechnungen unter den bisherigen Annahmen über die Sonnenentfernung hätte der Fall sein sollen. Somit stellen auch diese Beobachtungen der Marsparallaxe ein Resultat heraus, welches dem von Hansen zuerst ausgesprochenen günstig ist.

Eine astronomische Frage, wie die der Sonnenferne, auf anderem als astronomischem Wege lösen zu können, scheint kaum möglich. Dennoch ist auch dies gelungen und zwar durch ein physikalisches Experiment, nämlich durch die Messung der Lichtgeschwindigkeit in dem Raume eines Zimmers. Um verständlich zu werden, müssen wir indessen etwas weiter ausholen.

Die Geschwindigkeit des Schalles kann man dadurch ermitteln, daß man zwei Standpunkte wählt, die soweit aus einander liegen, daß man den Knall einer an der einen losgeschossenen Kanone mehrere Secunden später hört, als man den beim Abfeuern auftretenden Blitz sieht. Die Entfernung beider Standpunkte dividirt durch die Anzahl der beobachteten Secunden, giebt den Weg, welchen der Schall in einer Secunde zurückgelegt hat. Es beträgt dieser etwa 1080 preuß. Fuß. Durch ähnliche Versuche zu bestimmen, welche Zeit das Licht gebraucht um von einem Punkte zu einem entfernten zu gelangen, wollte nicht glücken. Der Zufall löste jedoch das Räthsel.

Olaus (Olaf) Römer, ein Däne, beschäftigte sich 1675 und 1676 zu Paris mit der Beobachtung der Jupitersmonde. Der dem Jupiter am nächsten stehende der 4 Monde hat nur eine Umlaufszeit von 42 Stunden 28 Min. 35 Sec. und erleidet bei

jedem Umlaufe eine Verfinsterung. Es fiel nun Römer auf, daß bei größer werdender Entfernung der Erde von dem Jupiter die Verfinsterung dieses Trabanten später aufhörte, und bei kleiner werdender Entfernung dieselbe früher begann, als es die Voraus-berechnung aus der vorhergehenden Verfinsterung verlangte. Römer fand den Grund darin, daß das Licht eine Geschwindig-keit besitzt, d. h. Zeit gebraucht, um eine gewisse Strecke zu durch-laufen und bestimmte diese Geschwindigkeit auf über 40000 Meilen in einer Secunde.

In der Opposition des Jupiter, wo die Erde zwischen der Sonne und dem Jupiter mehr oder weniger in gerader Linie steht, bleibt die Entfernung der Erde von dem Jupiter eine Zeitlang dieselbe und die Zeit von einem Austritte des Mondes aus dem Schatten des Jupiter bis zum nächsten bleibt gleich der Umlaufs-zeit, da sich die Erde mit dem Jupiter ziemlich in derselben Rich-tung bewegt. In dem nach der Opposition folgenden Quadranten entfernt sich die Erde fast gradlinig von dem Jupiter und in dem entgegengesetzten, der Opposition vorhergehenden Quadranten nähert sich dieselbe dem Jupiter in gleicher Weise. Wenn nun die Beobachtung zeigt, daß bei auf einander folgenden Verfinsterungen im ersten Falle der Austritt des Trabanten aus dem Schatten des Jupiter 14 Secunden später, im zweiten der Eintritt in den Schatten 14 Secunden früher erfolgt, und dies darin seinen Grund hat, daß das Licht mehr Zeit gebraucht, um im ersten Falle die vergrößerte Entfernung bis zur Erde zu durchlaufen, im zweiten weniger für die verkürzte Entfernung, die Erde aber in einer Secunde $3^{98}/_{100}$ Meilen, also in der Umlaufszeit des Trabanten $608601^{7}/_{10}$ Meilen zurücklegt, so braucht das Licht

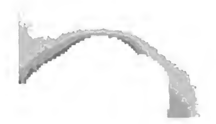


14 Secunden um diese $608601^{7}/_{10}$ Meilen zu durchlaufen und hat also eine Geschwindigkeit von $43471^{5}/_{10}$ Meilen.

Was Römer nur vermuthet hatte, fand 1727 durch den englischen Astronom Bradley Bestätigung und somit war entschieden, daß das Licht in der That Zeit gebraucht, um sich von einem Punkte zu einem entfernteren fortzupflanzen. Für irdische Entfernungen ist jedoch die darauf verwendete Zeit unmeßbar klein. Die Entdeckung Bradley's, welche die Bestätigung lieferte, war die sogenannte Aberration des Lichtes.

Wird ein stillstehendes Schiff von einer Kanonenkugel durchbohrt, welche senkrecht auf die eine Seite trifft, so liegen die Löcher der beiden Seiten in einer Linie, welche auf beiden Seitenflächen senkrecht steht. Ist das Schiff in Bewegung und wird es in derselben Weise von der Kugel getroffen, so ist die Lage der beiden Löcher nicht mehr die eben angegebene, sondern die zweite Fläche wird weiter nach hinten getroffen und zwar um soviel, als das Schiff in der Zeit, welche die Kugel gebraucht hat den Raum zwischen beiden Flächen zu durchfliegen, vorwärts gegangen ist. Oder sitzt man in einem stillstehenden Eisenbahnwagen und regnet es bei Windstille, so sieht man am Wagenfenster die Regentropfen lothrecht, nämlich parallel den lothrechten Fensterkanten, herabfallen. Kommt der Wagen in Bewegung, so fallen die Tropfen auf der unteren Fensterkante mehr nach hinten, mehr in der Diagonale des Fensters, nämlich um soviel mehr nach hinten als der Wagen in der Zeit vorwärts gegangen ist, die der Tropfen braucht um durch die Höhe des Fensters zu fallen. Wollte man im ersten Beispiele die Kugel und im zweiten den Regentropfen durch ein Rohr gehen lassen, so müßte offenbar das Rohr

eine schräge Lage erhalten, welche von der Geschwindigkeit der Kugel und des Schiffes, ebenso von der Geschwindigkeit des fallenden Regentropfens und des Wagens abhängig ist. Die Erde können wir mit dem Eisenbahnwagen und das Licht mit dem Regentropfen vergleichen. Denken wir uns das Licht eines Sternes der Erde so nahe gekommen, daß es noch eine Secunde brauchen würde, ehe es auf derselben ankommt, so wird es nicht auf die Stelle der Erde treffen, auf welche es gerichtet ist, sondern um soviel rückwärts, als die Erde in einer Secunde auf ihrer Bahn vorwärts geht, und ein Fernrohr, durch welches das Licht gehen soll, müßte an der letzteren Stelle eine schräge Lage erhalten, welche durch die Geschwindigkeit des Lichts und der Erde bedingt wird. Dies ist die Erscheinung der Aberration des Lichtes, welche sich dadurch offenbart, daß der durch ein Fernrohr beobachtete Firstern eine kleine Ortsveränderung erleidet. Würde man einen Firstern beobachten, welcher in der Ecliptik, also in der Ebene der Erdbahn, steht, so würde dieser im Verlaufe eines Jahres eine Verschiebung in der Ecliptik erfahren. Stände der Stern senkrecht über der Mitte der Erdbahn, so würde derselbe in derselben Zeit eine kleine, von einem Kreise nicht merklich verschiedene Ellipse um seinen wahren Ort beschreiben. Stände der Stern zwischen den beiden vorher angeommenen Stellen, so würde die Ortsveränderung des Sternes umsomehr die Form einer kleinen langgezogenen Ellipse annehmen, je näher der Stern der Ecliptik steht. Der Stern würde in jedem Falle ein kleines Abbild der Erdbahn zu durchlaufen scheinen, wie solche von dem Sterne aus gesehen sich darstellen oder projiciren würde. Die Verschiebung des Sternes in der Ecliptik beträgt nach Struve $20^{4451}/_{10000}$



Sec. und nach Peters $20^{503}/_{1000}$ Sec. nach der einen und nach der anderen Seite und so groß erscheint auch der Halbmesser des Kreises, welchen ein senkrecht über der Mitte der Ecliptik stehender Stern zu durchwandern scheint.

Nun ist klar, daß die Richtung eines Fernrohres, durch welches man einen Firstern sehen will, gegen die Richtung des Lichtes unter einem Winkel von den angegebenen Secunden stehen muß, und somit erhält man ein rechtwinkeliges Dreieck, dessen eine Seite die Geschwindigkeit des Lichtes, dessen andere die Geschwindigkeit der Erde ist, während der Winkel, welcher der letzteren Seite gegenüber liegt, jene Größe hat. Kennt man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, so läßt sich daraus die Geschwindigkeit des Lichtes berechnen. Struve nahm die Encke'sche Angabe über die Entfernung der Sonne von der Erde als richtig an, berechnete aus der Umlaufszeit der Erde ihre Geschwindigkeit (Weg in einer Secunde) und fand die Geschwindigkeit des Lichtes 41549 geogr. Meilen zu 7419 Meter. Diese Angabe galt bisher als die genaueste.

Es leuchtet indessen ein, daß, wenn man die Geschwindigkeit des Lichtes kennt, aus jenem Dreiecke sich die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn wird berechnen lassen. Gelänge es nun auf einem anderen Wege als durch astronomische Beobachtungen, z. B. durch ein physikalisches Experiment, die Geschwindigkeit des Lichtes zu ermitteln, so wüßte man den Weg, welchen die Erde in einer Secunde auf ihrer Bahn zurücklegt. Da man die ganze Umlaufszeit der Erde um die Sonne kennt, so erführe man daraus die Größe der ganzen Erdbahn, und aus der Größe der Erdbahn

könnte man wieder die Entfernung der Sonne von der Erde, nämlich den Halbmesser der Erdbahn berechnen.

Somit hätten wir den Gang angegeben, welcher genommen werden müßte, um durch ein physikalisches Experiment die Frage über die Sonnenferne zu entscheiden. Die Schwierigkeit eines solchen Experimentes leuchtet bei der großen Geschwindigkeit des Lichtes ein. Den Weg von einer Meile zu durchlaufen, braucht ja das Licht nur $^1/_{41549}$ einer Secunde Zeit! Dennoch ist es gelungen das Experiment zu Stande zu bringen und zwar gebührt die Ehre dem französischen Naturforscher Faucault.

Bereits 1849 hatte der französische Physiker Fizeau durch einen sinnreichen Apparat die Geschwindigkeit des Lichtes aus Beobachtungen, denen nur eine Entfernung von 8633 Metern = 26575 par. Fuß zu Grunde lag, gemessen. Das Princip, von welchem er ausging, war im Allgemeinen folgendes.

Wenn eine Scheibe nach Art der gezahnten Räder am Umfange in gleichgroße, abwechselnd volle und ausgeschnittene, Stücke getheilt ist und sich in ihrer Ebene um den Mittelpunkt ihrer Figur mit großer Geschwindigkeit dreht, so ist die Zeit, während welcher ein solcher Zahn oder ein solcher Zwischenraum vor einem bestimmten Punkte vorbeigeht, sehr kurz. Man kann es dahin bringen, daß diese Zeit nur $^1/_{10000}$ oder gar nur $^1/_{100000}$ Secunde beträgt, ein Zeittheilchen, in welchem das Licht bei 40000 Meilen Geschwindigkeit im ersten Falle 4 Meilen, im andern nur $^4/_{10}$ Meilen zurücklegt. Geht nun durch die Abtheilungen einer solchen rotirenden Scheibe ein Lichtstrahl hindurch, der nach seinem Durchgange mittelst eines entfernten Spiegels reflectirt und zur Scheibe zurückgesandt wird, so wird er bei seiner Rückkehr zur Scheibe je



nach der Rotationsgeschwindigkeit derselben entweder einen Zahn oder eine Lücke treffen, so daß er also je nach den Umständen entweder durch einen Zahn aufgehalten oder durch eine Lücke hindurch gehen wird.

Fizeau stellte nach diesem Principe zwei Fernröhre auf, das eine im Belvedere eines zu Suresnes gelegenen Hauses, das andere auf der Höhe des Montmartre in der oben angegebenen Entfernung. Die Fernröhre waren genau so gestellt, daß man das Fadenkreuz des einen im Brennpunkte des andern sah. In dem einen Fernrohre ist unter einem Winkel von 45 Grad gegen die Axe desselben ein durchsichtiges Glas zwischen dem Augenglase (Ocularglase) des Fernrohres und dem Brennpunkte des dem beobachteten Gegenstande zugewendeten Fernrohrglases (Objectivglas) angebracht, um das Licht einer seitwärts stehenden Lampe oder der Sonne aufzufangen und nach dem Brennpunkte concentrirt hinzuwerfen. Deshalb geht das Licht durch eine seitlich an dem Rohre angebrachte Convexlinse. Das im Brennpunkte des Objectivs concentrirte Licht geht der Axe parallel zu dem anderen Fernrohre, wird also dort in dem Brennpunkte des zweiten Fernrohres concentrirt. Hier befindet sich ein Planspiegel, von welchem das Licht auf demselben Wege zu dem ersten Fernrohre reflectirt wird, wo es sich in dem Brennpunkte des Objectivs vereinigt und durch das durchsichtige Glas hindurch betrachtet werden kann. An der der Lichtquelle gegenüberliegenden Seite des ersten Fernrohres ist nun eine Oeffnung, durch welche der Rand des oben angegebenen gezahnten Rades so in das Innere des Fernrohres hineinragt, daß der gezahnte Rand gerade durch den Brennpunkt des Objectivs geht. Das Rad hatte 720 Zähne und bei $12^6/_{10}$

Umläufen in einer Secunde trat die erste Verfinsterung ein; bei doppelter Geschwindigkeit erglänzte der Punkt aufs Neue; bei dreifacher Geschwindigkeit entstand eine zweite Verfinsterung; bei vierfacher erglänzte der Punkt abermals u. s. f.

Da die Breite jedes Zahnes und jeder Lücke $^1/_{1440}$ von dem Umfange des Rades beträgt, so dauert es bei $12^6/_{10}$ Umläufen in einer Secunde $^1/_{1440 \cdot 12^6/_{10}} = {}^1/_{18144}$ Secunde, bis eine Lücke den Brennpunkt passirt; das Licht, welches durch diese Lücke geht, kommt aber gerade vom anderen Fernrohre zurück, während ein Zahn im Brennpunkte ist; folglich hat das Licht in $^1/_{18144}$ Secunde den Weg von 2 Mal 8633 Metern zurückgelegt. Die Geschwindigkeit des Lichtes ergiebt sich mithin = 17266 Mal 18144 = 313285304 Meter oder 42221 geogr. Meilen zu 7420 Metern. Aus 28 Beobachtungen erhielt Fizeau im Mittel 42506 Meilen.

Nachdem dies Experiment geglückt war, stellte Fizeau im Verein mit L. Breguet Versuche ähnlicher Art an über die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft und im Wasser. Es liegen diese für die Lehre vom Lichte entscheidend gewordenen Versuche unserem Gegenstande fern, und daher erwähnen wir nur, daß dabei statt des gezahnten Rades ein Spiegel zur Verwendung kam, der mit ungemeiner Geschwindigkeit rotirte, wie der Engländer Wheatstone zuerst einen solchen benutzt hatte, um die Geschwindigkeit der Electricität in einem Kupferdrahte, die noch größer als die des Lichtes ist, zu messen. Schon 1840 hatte Arago den sich drehenden Spiegel zu derartigen Versuchen benützen wollen, aber ohne ein günstiges Resultat zu erzielen.

In neuester Zeit hat nun Faucault die Versuche wieder

aufgenommen und die Messungen mit einer Feinheit ausgeführt, welche nichts zu wünschen übrig läßt, was um so interessanter ist, als derselbe nicht einmal so großer Entfernungen, wie Fizeau bedurfte.

Der Apparat ist zwar schwer ohne Zeichnungen zu beschreiben; indessen wird Folgendes eine Anschauung gewähren.

Vor einem Mikroskope befindet sich ein kleiner von Sonnenstrahlen beleuchteter Glasspiegel mit Silberbelegung, in welchem äußerst feine Striche gezogen sind, die $^1/_{10}$ Millimenter von einander abstehen. Beim Hindurchsehen durch das Mikroskop sieht man diese Striche sehr deutlich und vermag ihre Lage mit großer Genauigkeit zu messen. Drei Fuß von diesem mit Strichen versehenen Spiegel befindet sich ein kleiner aufrechtstehender Spiegel, welcher durch ein Triebwerk von großer Gleichmäßigkeit um eine verticale Axe gedreht werden kann. Wir wollen zunächst annehmen, daß dieser drehbare Spiegel nicht gedreht wird und sich in einer Stellung befindet, wo er das Licht des Strichspiegels wiederspiegelt und auf einen ihm gegenüber stehenden Hohlspiegel wirft, der in etwa zwölf Fuß Entfernung aufgestellt ist. Von diesem Hohlspiegel wird das Licht wieder auf einen Hohlspiegel reflectirt, von diesem auf einen dritten, von diesem auf einen vierten und von diesem auf einen fünften, die in gleichgroßer Entfernung von etwa 12 Fuß einander gegenüber stehen, so daß das Licht der Reihe nach an jedem der fünf Spiegel reflectirt wird. Der fünfte Spiegel ist nun so gestellt, daß er das auffallende Licht wieder so reflectirt, daß es denselben Weg durch sämmtliche Spiegel wieder zurück macht und schließlich wieder auf den drehbaren Spiegel fällt. Steht der drehbare Spiegel noch still, so wird das zurück-

kehrende Bild des Strichspiegels genau mit diesem selbst zusammenfallen und durch das Mikroskop wird man die Striche selbst nur einfach und in ihrer ursprünglichen Lage erblicken. Setzen wir den drehbaren Spiegel in Bewegung, so hat dieser in der kurzen Zeit, welche das Licht zur Durchwanderung der Strecke zwischen allen Spiegeln hin und zurück gebraucht, eine kleine Wendung gemacht, es findet also das von den Strichen ausgegangene Licht, wenn es wieder zu dem drehbaren Spiegel zurückkehrt, diesen nicht mehr in derselben Stellung, wie bei dem Beginne der Wanderung. Es ist folglich das von dem zurückgekehrten Lichte erzeugte Bild verschoben. Kennt man nun genau die Geschwindigkeit, mit welcher der drehbare Spiegel gedreht wurde, und kann man die Größe der Verschiebung des Strichbildes genau messen, so läßt sich die Zeit berechnen, welche das Licht gebraucht hat, um die zwischen allen Spiegeln liegende Strecke hin und zurück zu durchwandern.

Das Resultat, welches Faucault erhielt, war eine Lichtgeschwindigkeit von 40145 geograph. Meilen oder von 298000 Kilometern.

Legt man diese Lichtgeschwindigkeit zu Grunde um daraus die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn zu berechnen, so ergiebt der Struve'sche Werth der Abberration $3^{9792}/_{10000}$ und der von Peters $3^{9905}/_{10000}$ Meilen, während man früher $4^{1}/_{10}$ Meilen annahm. Somit erhält man auch nach Faucaults sinnreichem Versuche einen kleineren Werth für die Erdbahn und mithin auch einen kleineren Abstand der Sonne von der Erde. Nimmt man als Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn $3^{98}/_{100}$ Meilen, so erhält man als mittlere Sonnenferne 19990044 Meilen. Nun ist $^{29}\,_{30}$.



20682000 = 19992600 Meilen, also stimmt auch das Resultat Faucault's hinreichend mit der Angabe von Hansen.

Die Sonne ist also, da man auf so verschiedenen Wegen zu demselben Resultate gelangt ist, sicher nicht mehr soweit von der Erde entfernt, als man bisher geglaubt hat. Nicht gleichgültig ist aber ein solches Resultat. Zwar wird dadurch in den irdischen Verhältnissen keine Aenderung hervorgebracht; aber es ist tief eingreifend in die Wissenschaft der Astronomie, in welcher die Sonnenferne der Maßstab ist, nach welchem gemessen wird. Erhält dieser Maßstab eine andere Länge, so ergeben sich natürlich auch andere Resultate in Bezug auf die gemessenen Größen. Und ist die Kenntniß der wahren Länge des Maßstabes eine bessere geworden, so müssen auch diese Resultate an Genauigkeit und Zuverlässigkeit gewinnen. Aber auch abgesehen davon kann das Ergebniß nicht einmal dem Laien gleichgültig sein. Wo ein Fortschritt in der Erkenntniß des Wahren zu begrüßen ist, da darf Niemand fehlen, um seinen Beifall zu spenden. Wer wollte aber hier wohl mit dem Beifalle zögern, zumal es wieder ein deutscher Mann gewesen ist, der den Anstoß zur Erkenntniß des Richtigeren gegeben hat. Jedenfalls sollte wenigstens der ganze Gang der mühevollen Untersuchung Jedermann erfüllen mit dem rechten Respecte vor der Wissenschaft.

Die Jahre 1874 und 1882 mit den alsdann eintretenden Venusdurchgängen sind nicht mehr fern. Hoffentlich liefern dann die Beobachtungen eine Bestätigung des eben Errungenen.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.



Druck von Otto Wigand in Leipzig.



